



HAL
open science

Vers l'acceptation d'une interface utilisateur pour manipuler un exosquelette en rééducation à la marche post-AVC

Auréline Rossi, Sophie Lepreux, Gaetan Courtois, Christophe Kolski

► To cite this version:

Auréline Rossi, Sophie Lepreux, Gaetan Courtois, Christophe Kolski. Vers l'acceptation d'une interface utilisateur pour manipuler un exosquelette en rééducation à la marche post-AVC. IHM'24 - 35e Conférence Internationale Francophone sur l'Interaction Humain-Machine, AFIHM; Sorbonne Université, Mar 2024, Paris, France. hal-04487273

HAL Id: hal-04487273

<https://hal.science/hal-04487273>

Submitted on 3 Mar 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Vers l'acceptation d'une interface utilisateur pour manipuler un exosquelette en rééducation à la marche post-AVC

Towards the acceptance of a user interface to manipulate an exoskeleton in post-stroke gait rehabilitation

AURÉLINE ROSSI, Univ. Polytechnique Hauts-de-France, CNRS, UMR-CNRS 8201 - LAMIH, F-59313 Valenciennes, France, France

SOPHIE LEPREUX*, Univ. Polytechnique Hauts-de-France, CNRS, UMR-CNRS 8201 - LAMIH, F-59313 Valenciennes, France, France

GAETAN COURTOIS, Univ. Polytechnique Hauts-de-France, CNRS, UMR-CNRS 8201 - LAMIH, F-59313 Valenciennes, France, France

CHRISTOPHE KOLSKI, Univ. Polytechnique Hauts-de-France, CNRS, UMR-CNRS 8201 - LAMIH, F-59313 Valenciennes, France, France

Stroke is the leading cause of acquired disability in France. The after-effects of stroke are numerous and varied and require rehabilitation. These include hemiparesis, which leads to motor difficulties in walking. In this context, the RehabByExo project aims to develop an exoskeleton allowing rehabilitation for early gait rehabilitation. This work in progress begins with a state of the art on exoskeletons and their need for user interfaces to control them. The user-centered approach proposed and implemented is then described. Several iterations were necessary to propose a user interface. This work in progress shows the difficulty of proposing acceptable user interfaces in the medical field when the use of the product is not yet in practice and even though quality is essential for acceptance by the patient and the physiotherapist. Future work in the short term as well as research perspectives are then presented.

L'AVC représente la première cause de handicap acquis en France. Les séquelles dues aux AVC sont nombreuses et variées et font l'objet de rééducation. Parmi ces séquelles on retrouve l'hémiplégie qui entraîne des troubles moteurs de la marche. Dans ce contexte, le projet RehabByExo vise à développer un exosquelette permettant une rééducation au plus tôt de la marche. Ce travail en cours propose dans un premier temps un état de l'art sur les exosquelettes et leur besoin en interfaces utilisateurs pour ce qui est de leur pilotage. L'approche centrée utilisateur proposée et mise en place est ensuite décrite. Plusieurs itérations ont été nécessaires pour proposer une interface utilisateur. Ce travail en cours montre la difficulté de proposer des interfaces utilisateurs acceptables dans le domaine médical quand l'usage du produit n'est pas encore dans les pratiques et alors même que la qualité est essentielle pour l'acceptation par le patient et le kiné. Les travaux à venir à court terme ainsi que les perspectives de recherche sont ensuite présentés.

CCS Concepts: • **Human-centered computing** → **Interaction design**; • **Applied computing** → **Health informatics**.

Mots Clés et Phrases Supplémentaires: Interface utilisateur, conception centrée sur l'utilisateur, acceptabilité, santé, rééducation, exosquelette, Accident Vasculaire Cérébral

Additional Key Words and Phrases: User interface, user-centered design, acceptability, health, rehabilitation, exoskeleton, Stroke

Reference:

Auréline Rossi, Sophie Lepreux, Gaetan Courtois, and Christophe Kolski. 2024. Vers l'acceptation d'une interface utilisateur pour manipuler un exosquelette en rééducation à la marche post-AVC. *IHM '24: Actes étendus de la 35^e conférence Francophone sur l'Interaction Humain-Machine, March 25–29, 2024, Paris, France*

1 INTRODUCTION

On compte chaque année 140 000 nouveaux cas d'AVC (Accident Vasculaire Cérébral) en France [12]. L'AVC représente la première cause de handicap acquis. En 2021, on dénombrait 849 300 personnes suivies pour des séquelles dues aux AVC. Ces séquelles sont nombreuses et variées et font l'objet de rééducation. Parmi ces séquelles, on retrouve l'hémiplésie qui entraîne des troubles moteurs de la marche chez les patients post-AVC.

La kinésithérapie est conseillée dans le cadre de l'AVC, selon l'ordre des masseurs-kinésithérapeutes, "le kinésithérapeute doit s'occuper des séquelles d'ordre fonctionnel/motrice en jouant sur la plasticité cérébrale du patient et cela en phases aiguë, subaiguë et chronique" [19]. Pour ce faire, de la rééducation motrice est conseillée. Cette rééducation consiste en un ensemble de techniques thérapeutiques mises en pratique dont le but est "la prévention secondaire, la conservation, le rétablissement, l'optimisation ou la suppléance des troubles de la fonction motrice".

Dans le guide des recommandations de bonnes pratiques professionnelles (RBPP) de la Haute Autorité de Santé (HAS), "Accident vasculaire cérébral : méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte", les orthèses sont définies comme des pièces rigides ou articulées qui maintiennent certaines parties du corps, ou l'aident dans la réalisation de mouvement fonctionnel [10]. Dans un autre guide de recommandations de bonnes pratiques, la HAS définit la rééducation assistée par la robotique comme le fait de "réaliser des mouvements contraints par un système électromécanique, couplé ou non à un environnement virtuel" [6]. La rééducation motrice peut donc aussi être appuyée par de la robotique dans la réalisation des mouvements.

Le projet RehabByEXO a vu le jour dans le but de développer un outil de rééducation robotisé pour assister à la rééducation post-AVC de patients hémiplegiques sévères. L'outil proposé est un exosquelette de membre inférieur dédié à la rééducation à la marche. Ce projet structurant de l'Institut Carnot ARTS a pour partenaires : le Laboratoire de Conception de Produits et Innovation, EA 3927, ENSAM, Paris; le Laboratoire Angevin de Mécanique, Procédés et innovAtion, EA 1427, ENSAM, Angers; le Laboratoire d'Automatique, de Mécanique et d'Informatique industrielles et Humaines, UMR 8201 CNRS-UPHF, Valenciennes (pilote du projet); l'Institut de Biomécanique Humaines Georges Charpak, EA 4493, ENSAM, Paris; le CHU et le Centre d'Investigation Clinique - Innovation Technologique (CIC-IT) de Bordeaux et de Garches. Un des objectifs dans ce projet, sur lequel se centre cet article, est de développer une interface utilisateur permettant de piloter l'exosquelette. Cette interface se devra de reprendre les différentes fonctionnalités nécessaires et de suivre les recommandations d'usages conseillées par les partenaires CIC-IT. Cette interface sera utilisée par les kinésithérapeutes et proposera trois types d'exercices : amplitude (flexion), cadence et marche. La problématique ici sera d'assurer la sécurité du patient et de permettre l'adaptation et l'individualisation des séances de rééducation pour chaque patient.

Ce travail en cours propose dans un premier temps un état de l'art sur les exosquelettes et leur besoin en interface utilisateur pour ce qui est de leur pilotage. L'approche centrée utilisateur proposée et mise en place est ensuite décrite. La troisième section montre l'état initial et l'état actuel de l'interface utilisateur. Les conclusions et travaux futurs sont positionnés dans la dernière partie.

2 ETAT DE L'ART SUR LES EXOSQUELETTES ET LE BESOIN EN IHM

Cette section vise à présenter le principe d'exosquelette de rééducation à la marche pour en extraire des besoins en terme d'IHM. Tout d'abord, un exosquelette est une structure mécanique articulée, passive ou motorisée, en interaction physique avec le corps [14]. Il existe de nombreux dispositifs répondant à cette définition. Dans le cadre de ce travail en cours le sujet porte sur les dispositifs anthropomorphiques dédiés à la rééducation du membre inférieur. Il est donc

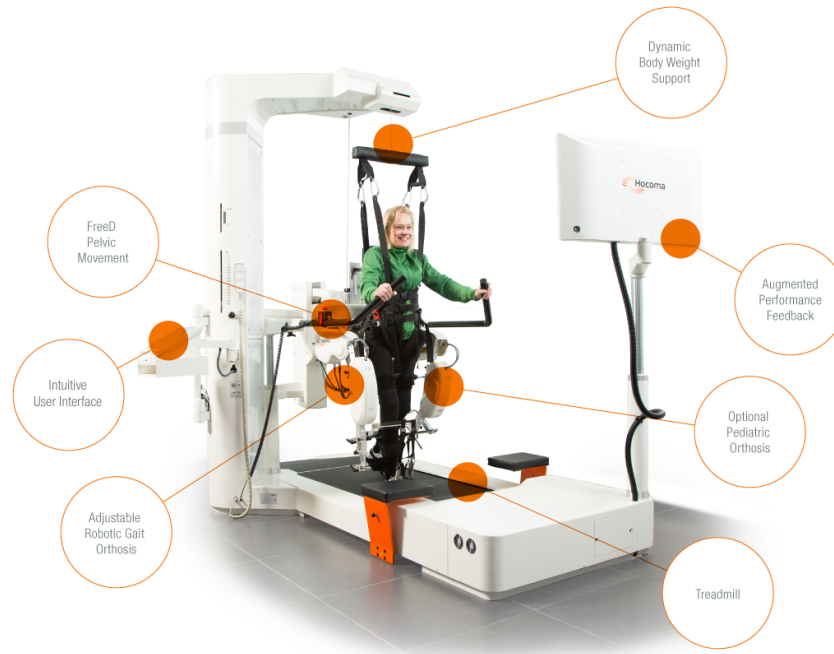


FIG. 1 – Système Lokomat de Hocoma(c) et ses différentes options [1]

possible de restreindre le champ des exosquelettes, pertinents pour cette étude, aux dispositifs bioniques actionnés à chaque articulation du membre inférieur [3], permettant un mouvement synchronisé avec les mouvements de l'utilisateur (patient) [7]. Pour les besoins en IHM il est nécessaire de distinguer deux catégories d'utilisateurs : le patient, en interaction physique avec la structure mécanique, et le thérapeute (désigne le personnel clinique : médecin, kinésithérapeute, ergothérapeute etc.), en charge du pilotage de l'exosquelette. Deux architectures d'exosquelette sont particulièrement présentes sur les plateformes de rééducation, les structures fixes telles que le Lokomat (cf. Figure 1) [1] et les exosquelettes ambulatoires tels que l'Atalante (cf. Figure 2) [11].

Pour le pilotage de l'exosquelette les thérapeutes ont besoin d'une interface utilisateur, d'où le développement d'une IHM. Pour respecter les recommandations de bonnes pratiques, l'exosquelette doit réaliser des séances de rééducation similaires à celles de la rééducation fonctionnelle, dite conventionnelle (sans assistance robotisée) [2]. Le rôle premier de l'IHM est de permettre au thérapeute de renseigner des consignes pour la réalisation des tâches de rééducation. Mais elle doit aussi proposer un retour d'information pertinent au thérapeute [16], pour permettre d'ajuster ces consignes en fonction de la tâche. Eventuellement, cette IHM peut aussi proposer un retour d'information au patient en vue de le motiver au cours de sa rééducation, comme par exemple dans le cas du Lokomat (cf. Figure 1). Mais cette seconde fonctionnalité n'est pas encore développée dans le travail en cours présenté.

D'après Barria et ses collègues [2], la pratique de tâches de rééducation individualisées permet une meilleure récupération des patients. Les interfaces utilisateur qui ont fait l'objet d'études dans la littérature proposent différents jeux de paramètres permettant une personnalisation de la rééducation. Par exemple, l'interface développée avec LabVIEW dans l'article de Barria et al. [2] permet de réaliser plusieurs tâches de rééducations différentes (basées sur des données

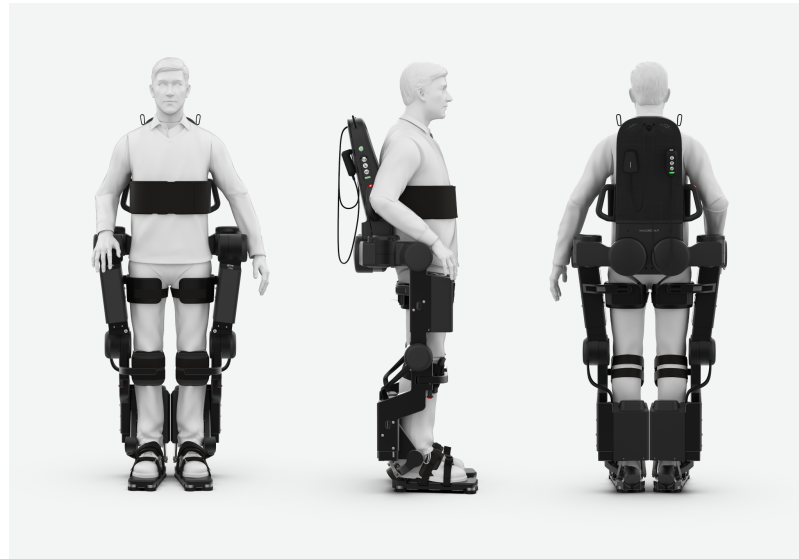


FIG. 2 – Exosquelette Atalante de Wandercraft [11]

expérimentales) individualisables en ajustant : le pourcentage d'assistance au mouvement, le type de mouvement, la vitesse du mouvement, le nombre de répétitions de la tâche et le temps de récupération entre chaque répétition. Les exosquelettes de rééducation les plus courants permettent essentiellement de réaliser des cycles de marche. Le plus souvent le paramètre principal de personnalisation du cycle de marche est la vitesse de mouvement [2, 15, 16, 18, 21]. Parfois, les cycles de marches peuvent être personnalisés davantage à l'aide de paramètres tels que la longueur et/ou la hauteur du pas [16, 18]. L'IHM de l'exosquelette MOPASS, par exemple, propose au thérapeute des valeurs par défaut de ces deux paramètres et de la vitesse de marche qu'il peut modifier manuellement [16]. Ces valeurs par défaut correspondent généralement à des scénarios prédéfinis [2, 16]. Dans ce cas les interfaces doivent aussi permettre au thérapeute d'enregistrer de nouveaux scénarios comme, par exemple, l'IHM développée par Barria et al. [2].

Pour aider le thérapeute à paramétrer les tâches et suivre l'évolution du patient, le retour d'information consiste généralement à afficher des courbes cinématiques des différentes articulations du membre inférieur [2]. Dans le cadre des exosquelettes de membre inférieur, les données couramment affichées sont la trajectoire suivie par l'exosquelette aux articulations de hanche et de genou [2, 16]. Ces informations sont complétées par les observations et le regard critique du thérapeute, la position de l'interface par rapport au thérapeute (et au patient) joue donc un rôle important dans le pilotage de l'exosquelette. Par exemple, l'interface utilisateur décrite dans l'article [16] n'est pas reliée au contrôleur de l'exosquelette. Le thérapeute est donc libre de ses déplacements et peut observer les mouvements du patient lors de la réalisation des tâches de rééducation tout en suivant son évolution sur l'IHM.

De manière générale, il n'existe pas d'expérience capitalisée ou reconnue en conception d'interface utilisateur d'exosquelette. Cependant, d'après la littérature, trois fonctions majeures à considérer dans la conception de l'interface d'un exosquelette de rééducation ont été identifiées. La première fonction est de permettre l'individualisation des tâches à l'aide d'un paramétrage renseigné par le thérapeute. La seconde fonction est d'afficher les informations de suivi de la rééducation utiles au suivi du patient. La dernière fonction est d'être consultable par le thérapeute facilement, sans

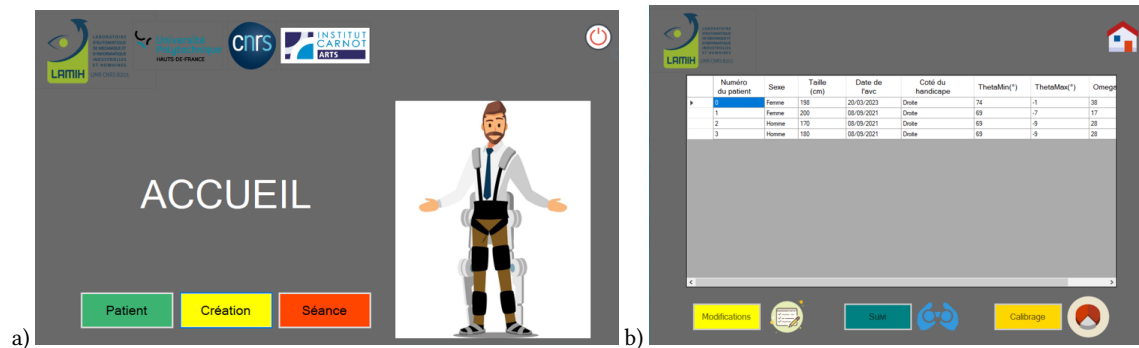


FIG. 3 – Première version de l'interface utilisateur du projet RehabByExo

l'entraver dans le suivi traditionnel du patient. Les travaux présentés portent sur l'amélioration d'une première version d'interface utilisateur, prenant en considération ces fonctions, avec une visée d'acceptation par des thérapeutes.

3 CONCEPTION CENTRÉE UTILISATEUR - PREMIÈRES ITÉRATIONS

Afin de favoriser l'acceptation du système, nous avons suivi une démarche centrée utilisateur, telle que préconisée dans la norme ISO9241-210 [13]. Pour cette démarche, nous disposons d'expériences plus ou moins récentes de conception centrée utilisateur dans le cadre de différents projets en lien particulièrement avec le domaine du handicap et de la santé [5, 8, 9]. Dans le projet RehabByExo, la difficulté majeure que nous avons rencontrée est que les futurs utilisateurs (thérapeutes) ne connaissent pas encore l'outil, donc n'ont pas encore de routine et ne se projettent pas encore précisément dans le contexte d'utilisation, mais ceci tout en ayant l'expérience d'outils variés utilisés dans les séances de rééducation, et ayant en tête les critères importants guidant les séances. Plusieurs itérations sont alors nécessaires.

La première itération a été réalisée par le troisième auteur, sur base d'une étude bibliographique et de premières interactions avec les partenaires du projet RehabByexo, dans le but de dégager des premières idées de fonctionnalités. La seconde itération va être présentée plus particulièrement ici, faisant intervenir les trois autres auteurs.

Une première version d'interface utilisateur ayant débouché de la première itération et ayant déjà été réalisée (cf. Figure 3), il a été possible de réaliser une rétroconception à partir de celle-ci. La rétroconception ou rétro-ingénierie est définie comme "l'activité qui consiste à analyser un objet afin d'en déterminer le fonctionnement". Une première analyse de la première version de l'interface, afin de comprendre quels étaient les principaux objectifs et besoins et ce qui n'allait pas dans cette version, a été réalisée. La définition des besoins au préalable permet de pouvoir réaliser les maquettes de l'interface et de répondre aux attentes des kinésithérapeutes, et ceci selon différentes itérations. Le but est de développer une interface qui ressemble aux autres interfaces que peuvent connaître les kinésithérapeutes, ce besoin fort ayant été exprimé par ceux-ci.

3.1 Rétro-conception

La rétro-conception s'est faite grâce à plusieurs diagrammes UML : un cas d'utilisation (cf. Figure 4), des diagrammes d'activité et un diagramme de classes. Ceux-ci ont été effectués en parallèle avec plusieurs rencontres avec les utilisateurs finaux (kinésithérapeute, médecin en réadaptation) ce qui a permis d'abord d'exprimer puis d'affiner progressivement

les besoins relativement à des interfaces d'un système non encore inscrit dans les pratiques. Ces rencontres se sont faites sur site (centre de rééducation), en interne au laboratoire ou à distance. Des interfaces utilisateur de systèmes utilisés en rééducation (sans lien avec les exosquelettes) ont aussi été étudiées et des thérapeutes ont été interrogés à leur sujet.

Concernant le diagramme de cas d'utilisation, les trois principales fonctions de la première version étaient les suivantes : la création de fichier patient, la visualisation des caractéristiques du patient et la fonctionnalité de séances et exercices. En analysant la première version de l'interface utilisateur, tout en interagissant avec des thérapeutes, d'autres fonctionnalités se sont avérées être importantes et utiles à l'utilisation. Certains cas d'utilisations ont été divisés, d'autres ont été ajoutés, et ceci au fur et à mesure de l'expression des besoins.

D'autres besoins ont aussi été exprimés. En particulier, le plus important pour le praticien est de disposer d'une gestion des patients et pour chacun d'eux une gestion des séances de rééducation. On doit pouvoir créer une fiche patient avec les informations nécessaires de celui-ci et créer une séance contenant un certain nombre d'exercices. Ensuite, il faut pouvoir démarrer une séance de rééducation et pouvoir personnaliser les paramètres de chaque exercice de la séance. Enfin, l'interface doit afficher et permettre la visualisation des données du patient. C'est donc une progression séquentielle qui est demandée pour que le système guide l'utilisateur du patient à l'exercice tout en lui offrant les options facultatives et lui mentionne les étapes obligatoires.

Par exemple, la calibration qui était initialement prévue sur la page des patients ("calibrage") a fait l'objet de nombreux échanges avec les intervenants car elle pouvait être perçue de manière différente par les automaticiens en charge du développement de l'exosquelette et par les kinés/médecins rééducateurs. Pour le kiné la calibration consiste à saisir des informations de "butées" dans le système en fonction des capacités de flexion ou d'amplitude du patient alors que pour l'automaticien la calibration consiste à faire faire le mouvement au patient afin de déduire les valeurs butées. Dans un cas la calibration est spécifique à un exercice alors que dans l'autre elle dépend de l'évolution d'un patient. Il fallait donc savoir si cette calibration est spécifique à une série d'exercices ou un patient. Il a été décidé de positionner la calibration sur la page d'un patient afin qu'elle puisse être effectuée avant une série d'exercices.

Il y a eu de nombreux échanges pour savoir s'il y avait des enchaînements standards dans la rééducation (protocole) ce qui a levé l'ambiguïté sur les termes séances et protocoles. Les protocoles sont des enchaînements d'exercice prédéfinis. La séance étant la série d'exercices menée à une date dans un contexte donné (ici les informations sur les capacités du patient et son état de fatigue).

Enfin, au cours des échanges, la simplicité d'utilisation est un critère majeur qui a été mentionnée par tous les thérapeutes.

3.2 Interface utilisateur v2

Avant de passer à l'étape de développement, une série de maquettage a été proposée aux différents partenaires du projet, incluant des praticiens pour proposer une nouvelle version issue de la nouvelle analyse. Des avis divergents ont été relevés et des confrontations ont eu lieu afin d'aboutir à des consensus. Suite à l'étape de conception, une seconde version de l'interface utilisateur liée à une base de données intégrant les éléments mis en avant sur les patients et les types d'exercices, permettant de fournir un suivi des séances, a été implémentée, avec une visée d'évaluation (débouchant ensuite sur une nouvelle itération) [20].

Notons que dans cette nouvelle version, la calibration est positionnée sur l'écran de visualisation d'un patient, alors que dans la première version (cf. Figure 3 b)) cette fonctionnalité était sur la page montrant la liste de tous les patients. Il y avait donc un risque d'affecter les valeurs à un autre patient.

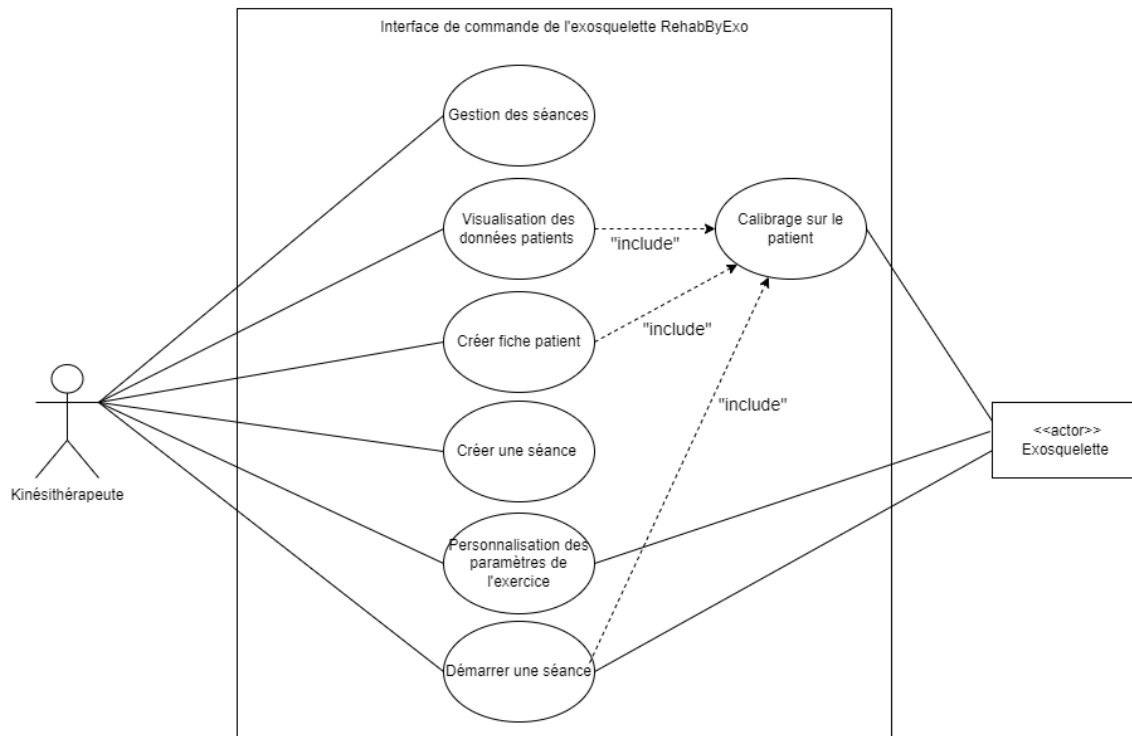


FIG. 4 – Diagramme de cas d'utilisation en UML, issu de la première version, utilisé en support à l'analyse des besoins

Notons que la 5 a) est encore incomplète en ce qui concerne le contenu des informations à afficher dans la synthèse ainsi que le format des informations à compléter par le kinésithérapeutes car il n'est pas encore certain que le kinésithérapeute renseigne ces informations dans cette application ; en effet ces informations peuvent aussi être intégrées dans le dossier patient centralisé du service, mais une redondance de saisie n'est pas souhaitée ; les deux systèmes ne pouvant pas communiquer pour des raisons de sécurité.

4 CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Dans cet article, les travaux en cours, visant à proposer une interface utilisateur permettant de contrôler un exosquelette, permettent de montrer la difficulté de proposer une interface utilisateur pour un système innovant qui ne s'inscrit pas encore dans les protocoles habituels des futurs utilisateurs. L'acceptation du système est primordiale ; il faut alors assurer la confiance dans le système. En effet, outre les objectifs d'efficacité relativement à la rééducation et de facilité d'utilisation de l'exosquelette, la sécurité du patient pendant la séance a également été prise en compte, intégrant entre autres un bouton d'arrêt d'urgence. Une approche centrée utilisateur a été mise en place en relation avec les services de validation de l'hôpital partenaire du projet, afin d'assurer cette méthodologie au plus proche des acteurs, qui se base sur plusieurs itérations, leur nombre ne pouvant pas être assuré à l'heure actuelle. Les besoins ont émergé progressivement, au fil des interviews, observations et séances de travail autour des différentes versions des maquettes.

En perspectives, outre les itérations à venir, nous souhaiterions explorer le rôle que pourrait jouer une interface utilisateur dédiée au patient ou partagée entre le patient et le kinésithérapeute pour augmenter la motivation. L'ajout

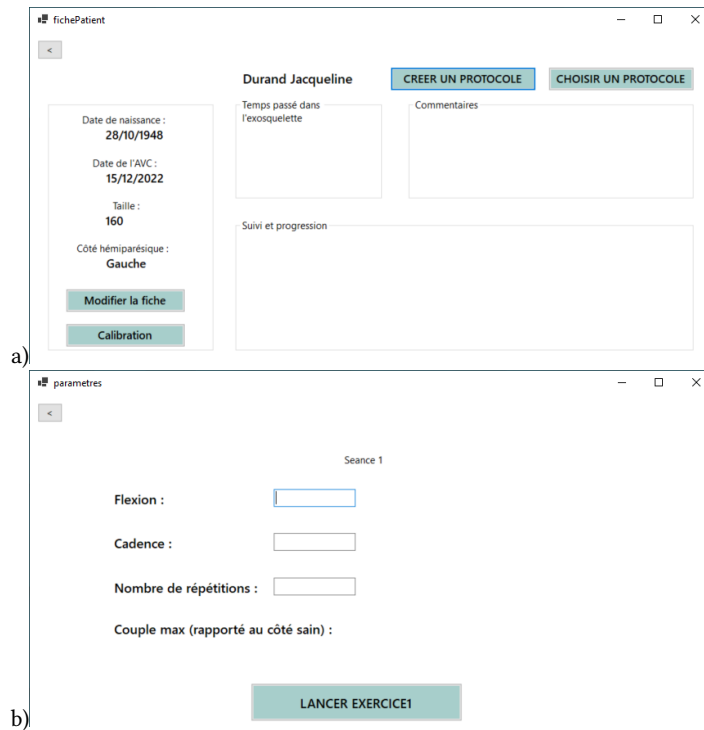


FIG. 5 – Seconde version de l’interface utilisateur du projet RehabByExo. a) écran dédié à un patient b) écran montrant la saisie de la configuration d’un exercice de cadence

d’un feedback visuel au patient est mitigé selon les auteurs, Lagoda et al. [17] trouvent motivant de proposer au patient un retour visuel sur sa séance. Au contraire, [16] explique que l’interface patient doit afficher le minimum d’informations et être très simple afin que le patient se concentre sur l’exercice à réaliser. A court terme la nouvelle version de l’interface utilisateur développée fera l’objet d’une évaluation et sera prochainement connectée à l’exosquelette, lui-même étant en cours de mise au point et de tests (cf. par exemple [4] pour ce qui est de son contrôle).

REMERCIEMENTS

Les auteurs remercient l’ensemble des partenaires du projet RehabByExo, de même que l’Institut Carnot ARTS et la Région Hauts-de-France. Ils remercient aussi particulièrement Antoine Dequidt, Sébastien Leteneur, Philippe Pudlo et Jean-Jacques Santin pour l’aide apportée dans le projet. Ils sont reconnaissants envers les différents thérapeutes et autres professionnels de santé ayant contribué à la démarche centrée utilisateur.

RÉFÉRENCES

- [1] Mónica Alcobendas-Maestro, Ana Esclarín-Ruz, Rosa M. Casado-López, Alejandro Muñoz-González, Guillermo Pérez-Mateos, Esteban González-Valdizán, and José Luis R. Martín. 2012. Lokomat Robotic-Assisted Versus Overground Training Within 3 to 6 Months of Incomplete Spinal Cord Lesion : Randomized Controlled Trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair* 26, 9 (2012), 1058–1063. <https://doi.org/10.1177/1545968312448232> arXiv:<https://doi.org/10.1177/1545968312448232> PMID : 22699827.
- [2] P. Barriá, R. Aguilar, D. Unquen, A. Moris, A. Andrade, A. Biskupovic, and J. M. Azorín. 2022. Development of an Interface for the Control of Robotic Exoskeletons Based on Stroke Rehabilitation Techniques. In *Converging Clinical and Engineering Research on Neurorehabilitation IV*, Diego Torricelli,

- Metin Akay, and Jose L. Pons (Eds.). Springer International Publishing, Cham, 673–678.
- [3] Bing Chen, Hao Ma, Lai-Yin Qin, Fei Gao, Kai-Ming Chan, Sheung-Wai Law, Ling Qin, and Wei-Hsin Liao. 2016. Recent developments and challenges of lower extremity exoskeletons. *Journal of Orthopaedic Translation* 5 (2016), 26–37. <https://doi.org/10.1016/j.jot.2015.09.007> Special Issue : Orthopaedic Biomaterials and Devices.
 - [4] Gaëtan Courtois, Antoine Dequidt, Jason Chevrier, Xavier Bonnet, and Philippe Pudlo. 2023. Gait-Oriented Post-Stroke Rehabilitation Tasks Online Trajectory Generation for 1-DOF Hip Lower-Limb Exoskeleton. In *2023 International Conference on Rehabilitation Robotics (ICORR)*. IEEE, Singapore, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICORR58425.2023.10304696>
 - [5] Káthia Marçal de Oliveira, Elise Batselé, Sophie Lepreux, Elise Buchet, Christophe Kolski, Mathilde Boutiflat, Véronique Delcroix, Hélène Geurts, Kodzo Apedo, Loïc Dehon, Houcine Ezzedine, Yohan Guerrier, Marie-Claire Haelewyck, Nicolas Jura, Philippe Pudlo, and Yosra Rekik. 2021. ParkinsonCom Project : Towards a Software Communication Tool for People with Parkinson's Disease. In *Universal Access in Human-Computer Interaction. Design Methods and User Experience - 15th International Conference, UAHCI 2021, Held as Part of the 23rd HCI International Conference, HCII 2021, Virtual Event, July 24-29, 2021, Proceedings, Part I (Lecture Notes in Computer Science, Vol. 12768)*, Margherita Antona and Constantine Stephanidis (Eds.). Springer, 418–428. https://doi.org/10.1007/978-3-030-78092-0_28
 - [6] Haute Autorité de Santé. 2023. Accident vasculaire cérébral : méthodes de rééducation de la fonction motrice chez l'adulte. https://www.has-sante.fr/jcms/c_1334330/fr/accident-vasculaire-cerebral-methodes-de-reeducation-de-la-fonction-motrice-chez-l-adulte. Accessed : 2023-11-28.
 - [7] Aaron M. Dollar and Hugh Herr. 2008. Lower Extremity Exoskeletons and Active Orthoses : Challenges and State-of-the-Art. *IEEE Transactions on Robotics* 24, 1 (2008), 144–158. <https://doi.org/10.1109/TRO.2008.915453>
 - [8] Youssef Guedira, Hursula Mengue-Topio, Sophie Lepreux, Laurie Letalle, Marion Duthoit, Philippe Pudlo, Yannick Courbois, and Christophe Kolski. 2023. Démarche de Conception Centrée Utilisateur de Systèmes d'Aide numériques à la Mobilité pour Personnes avec Déficience Intellectuelle. In *Adjunct Proceedings of the 34th Conference on L'Interaction Humain-Machine, IHM 2023, April 3-6, 2023*. ACM, Troyes, France, 3 :1–3 :6. <https://doi.org/10.1145/3577590.3589603>
 - [9] Marine Guffroy, Nadine Vigouroux, Christophe Kolski, Frédéric Vella, and Philippe Teutsch. 2017. From Human-Centered Design to Disabled User & Ecosystem Centered Design in Case of Assistive Interactive Systems. *Int. J. Sociotechnology Knowl. Dev.* 9, 4 (2017), 28–42. <https://doi.org/10.4018/IJSKD.2017100103>
 - [10] HAS. 2023. Parcours de rééducation réadaptation des patients après la phase initiale de l'AVC. https://www.has-sante.fr/upload/docs/application/pdf/2020-09/fiche_parours_de_reeducation_readaptation_des_patients_apres_la_phase_initiale_de_lavc.pdf. Accessed : 2023-12-12.
 - [11] Inneolab. 2024. Wandercraft - Exosquelette Atalante. <https://inneolab.com/wandercraft-exosquelette-v5>. Accessed : 2024-01-17.
 - [12] INSERM, La science pour la santé. 2023. Accident vasculaire cérébral (AVC). <https://www.inserm.fr/dossier/accident-vasculaire-cerebral-avc/>. Accessed : 2023-11-28.
 - [13] ISO. 2019. Ergonomie de l'interaction homme-système – Partie 210 : Conception centrée sur l'opérateur humain pour les systèmes interactifs. ISO 9241-210 :2019.
 - [14] Nathanael Jarrasse. 2019. Les exosquelettes. Techniques de l'Ingénieur.
 - [15] Bram Koopman, Edwin HF van Asseldonk, and Herman van der Kooij. 2014. Speed-dependent reference joint trajectory generation for robotic gait support. *Journal of biomechanics* 47, 6, 1447–1458.
 - [16] Olena Kuzmicheva, Santiago Focke Martinez, Ulrich Krebs, Matthias Spranger, Simon Moosburner, Bärbel Wagner, and Axel Gräser. 2016. Overground robot based gait rehabilitation system MOPASS - overview and first results from usability testing. In *2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*. 3756–3763. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2016.7487563>
 - [17] Claude Lagoda, Juan C. Moreno, and Jose Luis Pons. 2012. Human-Robot Interfaces in Exoskeletons for Gait Training after Stroke : State of the Art and Challenges. *Applied Bionics and Biomechanics* 9, 2 (2012), 193–203. <https://doi.org/10.3233/ABB-2012-0056>
 - [18] Santiago Focke Martinez. 2017. *Joint Trajectory Generation and High-level Control for Patient-tailored Robotic Gait Rehabilitation*. Ph.D. Dissertation. Universität Bremen, Germany.
 - [19] Ordre des masseurs-kinésithérapeutes. 2023. La kinésithérapie après un AVC. <https://www.ordremk.fr/actualites/patients/la-kinesitherapie-apres-un-avc/>. Accessed : 2023-12-12.
 - [20] Auréline Rossi. 2023. *Conception d'une interface utilisateur pour un exosquelette de rééducation à la marche post-AVC*. Master's thesis. Université Paris 8, Vincennes-Saint-Denis (Rapport de stage au LAMIH-UMR CNRS 8201, Université Polytechnique Hauts-de-France).
 - [21] N Tufekciler, Edwin HF van Asseldonk, and Herman van der Kooij. 2011. Velocity-dependent reference trajectory generation for the LOPES gait training robot. In *2011 IEEE International Conference on Rehabilitation Robotics*. IEEE, 1–5.